

Progetto: “L'anagrafe delle stelle”

Eleonora Biavati ed Andrea Guglielmi

1. Introduzione

Prima di introdurre il lavoro che abbiamo svolto descriviamo alcuni concetti e definizioni che sono stati utilizzati.

Diagramma H-R: prende il nome dai due astronomi Hertzsprung e Russell che confrontarono le due proprietà principali delle stelle, cioè l'indice di colore e la magnitudine assoluta. Questo significava mettere in relazione la temperatura di una stella con la sua luminosità intrinseca.

Si può costruire un diagramma H-R per tutti le stelle presenti nell'universo, ma per poterli confrontare tra loro è necessario utilizzare la magnitudine assoluta delle stelle osservate e quindi conoscere la loro distanza come mostreremo in seguito.

Due parti importanti del diagramma (Fig. 1) sono il punto di Turn-off e la Main Sequence. Il Turn-off indica il punto in cui la stella ha consumato tutto il suo combustibile principale, l'idrogeno, tramite questo punto è possibile stabilire l'età dell'ammasso stellare. La Main Sequence rappresenta la fase in cui le stelle stanno ancora bruciando l'idrogeno del nucleo. Studiare il diagramma H-R permette per esempio di determinare l'età di un ammasso stellare.

Ammasso stellare: è un gruppo di stelle che si trovano tutte alla stessa distanza da noi, hanno la stessa età e composizione chimica.

Gli ammassi si distinguono in aperti e globulari. Quelli aperti (Fig. 2) sono composti da stelle relativamente giovani, contengono da 10^2 a 10^3 stelle calde luminose e sono uniti da un'attrazione gravitazionale inferiore di quella all'interno degli ammassi globulari, hanno quindi generalmente una forma irregolare. Gli ammassi globulari sono formati da 10^4 a 10^6 stelle hanno una forma sferoidale (Fig. 4) e sono gli oggetti più vecchi della galassia con una età superiore ai 12 miliardi di anni. Usare gli ammassi stellari per la costruzione del diagramma H-R ci permette di ovviare al problema della distanza perché le stelle di un ammasso sono tutte alla stessa distanza.

Fotometria: è una tecnica dell'astronomia che riguarda la misurazione del flusso e dell'intensità della luce emessa da una sorgente celeste. Questo permette di ottenere informazioni sulla sua energia, temperatura, dimensione, distanza, età, ecc.

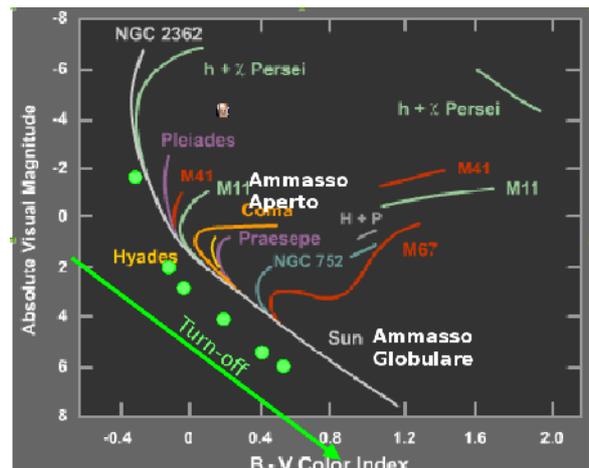


Figura 1: Diagramma H-R

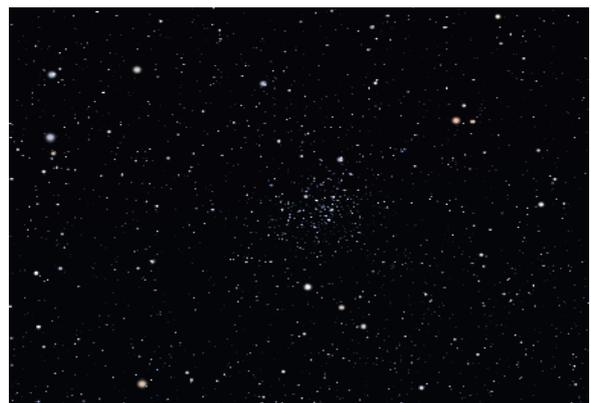


Figura 2: NGC6791 ammasso aperto

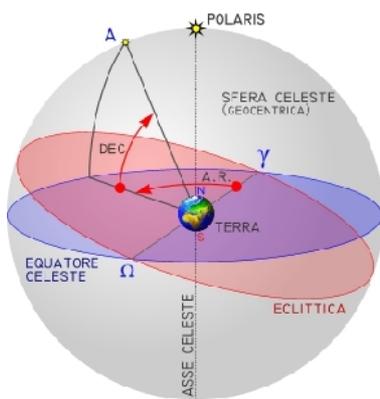


Figura 3: Coordinate celesti

Coordinate celesti: servono per individuare la posizione degli astri. Si utilizzano le coordinate equatoriali celesti poiché queste non dipendono dalla posizione dell'osservatore. Nel sistema vengono presi vari riferimenti: l'equatore celeste, che è la proiezione dell'equatore terrestre sulla sfera celeste; l'eclittica, che è l'intersezione del piano geometrico su cui giace l'orbita terrestre con la sfera celeste; il punto γ , dato dall'intersezione dell'eclittica con l'equatore celeste.

Le coordinate che otteniamo sono due: l'ascensione retta (RA), ovvero la distanza angolare tra il punto γ e l'intersezione del suo cerchio orario con l'equatore celeste; la declinazione (Dec), cioè la sua distanza angolare dall'equatore celeste. (Fig. 3).

FWHM: (Full Width at Half Maximum) esprime la larghezza di una funzione gaussiana (o simile) quando, sottraendo i valori assunti dalla variabile indipendente, la variabile dipendente è pari a metà del suo valore massimo.

Magnitudine: è una misura della luminosità degli oggetti celesti. La formula per ricavare la magnitudine è $m = -2.5 \log(I) + cost$ dove m è la *magnitudine apparente*, I è l'intensità e $cost$ è una costante. La magnitudine apparente dipende dalla distanza a cui si trova la stella. Per poter confrontare le stelle fra loro si deve introdurre una scala di magnitudini indipendente dalla distanza e cioè la *magnitudine assoluta* M , che è la magnitudine apparente (m) che un oggetto avrebbe se si trovasse ad una distanza dall'osservatore di 10 parsec ed è definita: $M - m = 5 - 5 \log(d/10pc)$

Dato che filtri diversi registrano immagini a diverse lunghezze d'onda, li utilizziamo per effettuare diverse osservazioni. L'*indice di colore* è la differenza tra le magnitudini rilevate con due diversi filtri e tramite questo è possibile ottenere informazioni sulla natura dell'oggetto che stiamo analizzando.

L'obiettivo del lavoro è stato effettuare l'analisi fotometrica di alcuni ammassi stellari per costruire i rispettivi diagrammi H-R e confrontarli tra loro. Poiché ciascun diagramma ci permette di determinare l'età del rispettivo ammasso stellare abbiamo potuto vedere le differenze fra ammassi aperti giovani (come NGC 2420 che ha un'età di circa 1.1 miliardi di anni) e ammassi globulari vecchi (come M13 che ha un'età di circa 13 miliardi di anni) basandosi sulle misure della magnitudine, dell'indice di colore e della FWHM delle stelle dell'ammasso considerato. Studiare l'età di un ammasso stellare è importante, tra l'altro, per determinare l'età dell'universo.

Abbiamo selezionato tre ammassi (NGC 2420, NGC 6791, M13) e abbiamo scaricato le rispettive immagini in formato FITS dall'archivio Sloan Digital Sky Survey III (SDSS), che contiene dati che comprendono informazioni riguardanti più di $\frac{1}{4}$ dell'universo conosciuto. Per ciascun ammasso abbiamo scaricato tre immagini ottenute utilizzando tre filtri differenti (g, r, i, del sistema di filtri fotometrico SDSS) ed le abbiamo poi elaborate utilizzando GAIA (Graphical Astronomy and Image Analysis), un pacchetto software che permette di analizzare un'immagine astronomica e ricavare i dati relativi alle coordinate celesti, alla magnitudine e alla FWHM delle stelle facenti parte dell'ammasso stellare considerato. (Fig. 5).

Riportiamo di seguito come esempio l'analisi svolta sull'ammasso globulare M13 visibile nella costellazione di Ercole.



Figura 4: M13 ammasso globulare

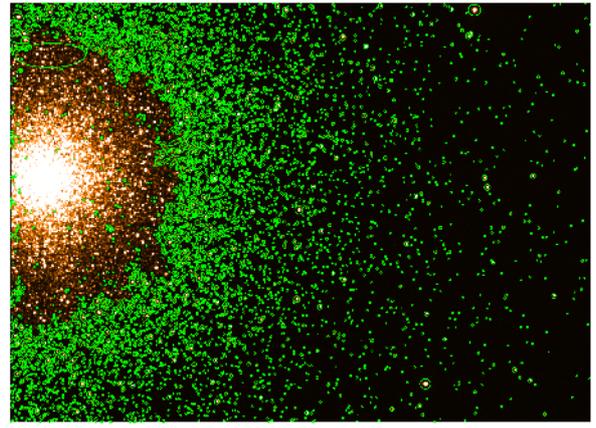


Figura 5: elaborazione con GAIA

2. Analisi dati

Abbiamo analizzato le stelle presenti all'interno dell'ammasso stellare M13 utilizzando il software SExtractor presente all'interno del pacchetto GAIA che ha permesso di misurare posizioni, magnitudini e altri parametri di 5930 oggetti.

Abbiamo ottenuto una tabella di cui riportiamo un esempio di seguito, contenente dei valori specifici per ogni oggetto.

Search Results (5930)										
NUMBER	X_WORLD	Y_WORLD	X_IMAGE	Y_IMAGE	MAG_BEST	MAGERR_BEST	ISOAREA_IMAGE	THETA_IMAGE	FWHM_IMAGE	ELONGATION
2142	16:41:52.127	+36:32:10.57	813.203	526.621	20.1621	0.3532	22	84.3	7.47	1.557
2143	16:42:09.206	+36:34:50.72	1471.881	527.479	20.2461	0.3861	24	47.2	3.78	1.182
2144	16:41:40.627	+36:30:19.32	364.246	532.455	21.0441	0.5566	13	55.3	2.66	1.100
2145	16:42:08.307	+36:34:39.24	1432.481	533.521	21.0619	0.5636	12	37.4	3.40	1.035
2146	16:41:49.978	+36:31:59.30	744.118	508.788	18.6578	0.1794	50	80.4	3.38	1.225
2147	16:41:42.278	+36:31:01.49	469.490	479.515	16.8261	0.0780	236	-58.3	9.52	1.461

Table 1: Individuazione oggetti con SExtractor

In particolare nella tabella sono riportati i seguenti parametri: le coordinate celesti equatoriali della stella (X_WORLD e Y_WORLD), la magnitudine (MAG_BEST) e il suo errore (MAGERR_BEST), l'area dei pixel che la stella occupa nell'immagine ed entro cui è stata misurata la magnitudine (ISOAREA_IMAGE), la sua FWHM (FWHM_IMAGE) e infine l'elongazione (ELONGATION), più l'elongazione è prossima a 1 più l'oggetto è circolare.

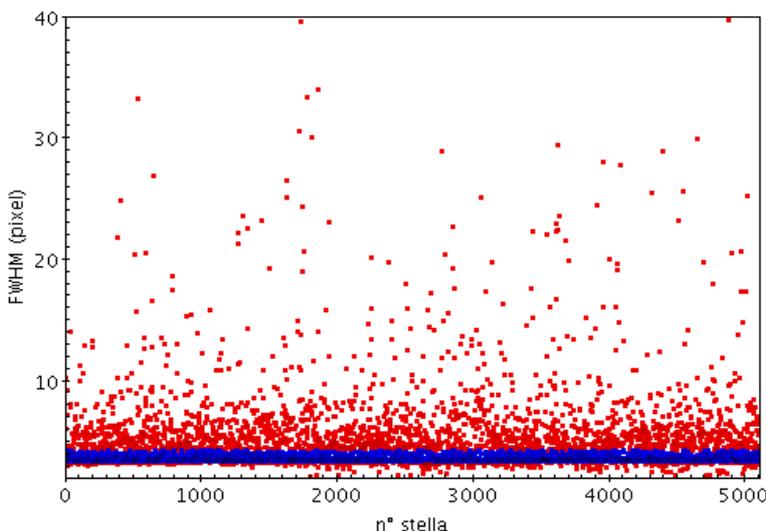


Figura 6: Grafico dei valori di FWHM scelti

Dopo aver ottenuto le tabelle relative a tutte le immagini, le abbiamo confrontate utilizzando TOPCAT (Tool for OPERations on Catalogues And Tables), un programma di visualizzazione e manipolazione dei dati, che ci ha permesso di creare il diagramma H-R dell'ammasso stellare considerato. Tramite questo programma abbiamo selezionato le stelle e abbiamo rimosso quelle che non rientravano nell'intervallo di valori da noi stabiliti, per esempio abbiamo scelto un'elongazione prossima a 1 e i valori prossimi alla moda (cioè al

valore più frequente) della FWHM. Svolta questa operazione sulle singole tabelle dei dati relativi a ciascun filtro, abbiamo incrociato le tre tabelle risultanti per ottenere un'unica tabella, contenente solo gli oggetti che avevano le stesse coordinate celesti.

Poiché generalmente per costruire il diagramma H-R vengono utilizzate immagini ottenute con filtri del sistema fotometrico Johnson che è diverso da quello usato per ottenere le immagini SDSS (Sloan), abbiamo convertito le magnitudini ottenute nei filtri Sloan g, r, i in magnitudini B, V, R del sistema fotometrico Johnson. Per convertire le magnitudini abbiamo utilizzato le formule di trasformazione seguenti:

$$B = g + 0.3130 \cdot (g - r) + 0.2271; \quad \sigma = 0.0107$$

$$V = g - 0.5784 \cdot (g - r) - 0.0038; \quad \sigma = 0.0054$$

$$R = r - 0.1837 \cdot (g - r) - 0.0971; \quad \sigma = 0.0106$$

$$R = r - 0.2936 \cdot (r - i) - 0.1439; \quad \sigma = 0.0072$$

dove σ è l'errore massimo nella trasformazione.

3. Risultati

Abbiamo calcolato gli indici di colore sottraendo B a V e V a R e successivamente abbiamo riportato nel diagramma H-R i valori di B-V verso V e V-R verso R.

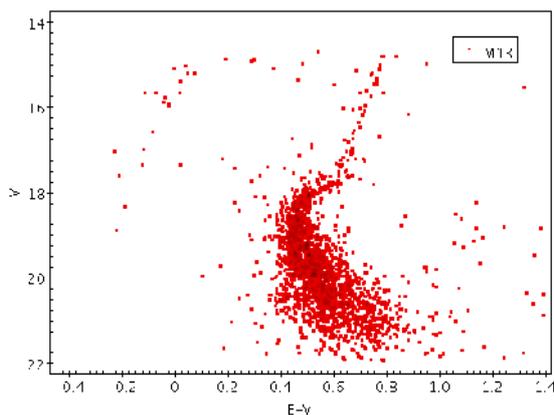


Figura 7: Diagramma H-R ammasso globulare M13

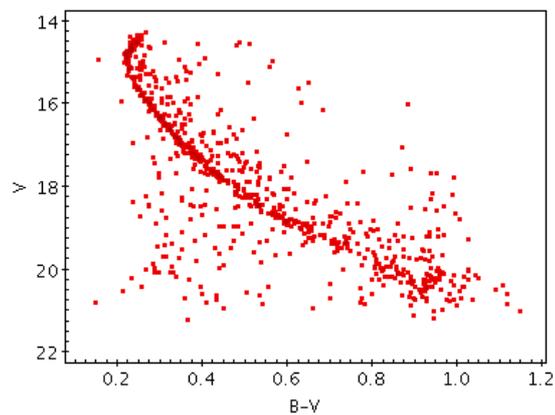


Figura 8: Diagramma H-R ammasso aperto NGC 2420

Nei grafici si possono individuare chiaramente il Turn-off e la Main Sequence (vedi spiegazione del diagramma H-R per più dettagli).

In Figura 8 è mostrato il diagramma H-R che abbiamo ottenuto per NGC 2420, un ammasso aperto. Come si può vedere il Turn-off è molto meno evidente rispetto al diagramma dell'ammasso globulare M13 (Fig. 7), quindi possiamo dire che NGC 2420 è un ammasso più giovane rispetto ad M13. Per determinarne l'età è necessario confrontare i grafici ottenuti con i modelli teorici di evoluzione stellare.

4. Curiosità

GLORIA (GLObal Robotic telescopes Intelligent Array for e-science) Project è un progetto europeo che ha come obiettivi quello di dar vita a una condivisione via rete di telescopi situati in varie parti del globo e permetterne accesso libero agli appassionati del cielo di tutto il mondo. Ciò è possibile grazie al fatto che i telescopi sono robotizzati e esiste una piattaforma software per la raccolta dei dati osservati.

Durante lo stage abbiamo osservato le macchie solari registrandoci come utenti tramite il sito del progetto (<http://gloria-project.eu/it/>) e prenotando l'osservazione in anticipo. Noi abbiamo utilizzato

il telescopio TADs situato a Tenerife (Spagna) salvando varie immagini.

Le macchie solari sono zone della superficie del sole che si distinguono da altre per il fatto che hanno una temperatura minore e una forte attività magnetica. Pur essendo estremamente luminose risultano scure per il contrasto con le zone circostanti dato che hanno una temperatura e, di conseguenza, un'emissività termica più elevata. Il fatto che siano visibili poche macchie solari nelle immagini del Sole acquisite (Fig. 9) è dovuto alla sua bassa attività intorno alla data in cui abbiamo osservato (26/06/2014).



Figura 9: Sole osservato con il TADs cambiando il tempo di esposizione (in sequenza: 0.003s, 0.004s, 0.005s) evidenziate le macchie solari.